

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 51 501 C 1

51 Int. Cl. 7:
G 01 N 35/04
G 01 N 23/22
H 01 F 13/00

21 Aktenzeichen: 198 51 501.4-52
22 Anmeldetag: 9. 11. 1998
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 9. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Bruker AXS Analytical X-Ray Systems GmbH,
76187 Karlsruhe, DE

72 Erfinder:
Löffler, Rainer, Dipl.-Ing., 76593 Gernsbach, DE;
Frenk, Günther, Dipl.-Ing. (FH), 76474 Au, DE

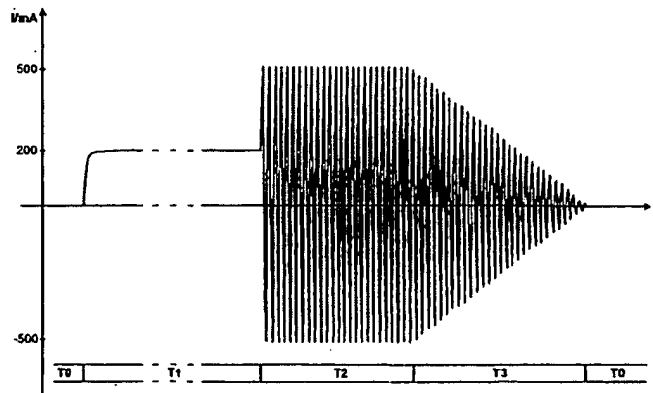
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 19 061 C2
DE 38 41 961 A1
DE 36 20 970 A1

Analysis Magazine, Vol.20, No.8, S.1148-1150;

54 Probenwechsler

57 Die Erfindung betrifft einen Probenwechsler, vorzugs-
weise für ein Röntgenanalysegerät, wobei unterschiedli-
che, ferromagnetische Probenhalter mittels eines Elektro-
magneten gegriffen und nach dem Absetzen mit demsel-
ben Elektromagneten entmagnetisiert werden. Die Pro-
benhalter können zusätzlich mit einer pneumatischen
Saugereinrichtung versehen sein.



DE 198 51 501 C 1

DE 198 51 501 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Probenwechsler zum rechnergesteuerten Wechseln von ferromagnetischen Probenhaltern eines Röntgenanalysegeräts mittels eines beweglichen Probenaufnehmers, der eine magnetfelderzeugende Einrichtung enthält, wobei die Probenhalter durch den Probenaufnehmer in einer Greif- und Haltephase in einer ersten Position magnetisch gegriffen und gehalten und in einer Ablegephase in einer zweiten Position abgesetzt werden können.

Ein Probenwechsler der oben genannten Art ist bekannt aus der DE 43 19 061 C2.

Der bekannte Probenwechsler verwendet einen Probenaufnehmer, der in Verbindung mit ferromagnetischen Proben oder Probenbehältern einen Magneten zum Aufnehmen der Proben enthält. Weitere Details sind der Druckschrift nicht zu entnehmen. Der Probenwechsler ist ebenfalls kurz beschrieben in der Druckschrift *Analysis Magazine*, 1992, Vol. 20, No. 8, S. 1148-1150.

Entsprechende Probenwechsler wurden ab dem Jahr 1993 von der Firma Siemens Analytical X-Ray Systems, Karlsruhe, als Zubehör für Röntgenfluoreszenzspektrometer vertrieben. Die dadurch bekannt gewordenen Probenaufnehmer enthalten insgesamt vier Permanentmagnete, die so angeordnet sind, daß sie mit der Oberfläche eines ringförmigen, ferromagnetischen Probenhalters in Kontakt gebracht werden, wodurch der Probenhalter mit der Probe sicher aufgenommen und transportiert werden kann. Zur Ablage ist eine mechanische Abstreifvorrichtung vorgesehen, die den Probenaufnehmer mit den vier Permanentmagneten vom ringförmigen Probenhalter abdrückt, so daß der Probenhalter nicht mehr am Probenaufnehmer haftet.

Allgemein sind weitere Probenwechsler für Röntgenanalyzesysteme bekannt, die mechanische Greifmechanismen verwenden, die mechanisch, pneumatisch oder elektromagnetisch betrieben werden.

Die DE 38 41 961 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Wechseln von Mikrottestplatten. Diese sind in Plattenträger eingesetzt, die wiederum in einer Plattenhalterung durch einen schaltbaren Elektromagneten und ein Eisenplättchen gehalten werden.

Die DE 36 20 970 A1 offenbart Haltevorrichtungen für Fotomasken, die unter Vakuum oder im Schutzgas positionsgenau fixiert werden müssen. In einem vorgeschlagenen Ausführungsbeispiel werden ferromagnetische Teile der Maskenhalterung bzw. des Maskenrahmens durch einen kurzen Strompuls durch einen Elektromagneten aufmagnetisiert, so daß die Maske anschließen stromlos fixiert ist. Zum Lösen werden die ferromagnetischen Teile durch einen abklingenden Wechselstrom durch den Elektromagneten entmagnetisiert.

Der eingangs genannte bekannte Probenwechsler, der Permanentmagnete verwendet, weist einige Nachteile auf. Die Anordnung der Permanentmagnete gestattet es nur, ringförmige Probenhalter mit einem definierten Ringdurchmesser aufzunehmen. Für andere Durchmesser muß zumindest das Teil des Probenaufnehmers, das die Magnete enthält, ausgewechselt werden. Die magnetischen Kräfte sind nur an einen bestimmten Probenhalter optimal angepaßt. Für andere Probenhalter, insbesondere anderer Masse, ist der Greif- und Abstreifvorgang nicht so zuverlässig bzw. nicht möglich. Die Permanentmagnete erzeugen dauernd ein Magnetfeld, was u. U. den manuellen Umgang mit den Proben oder den Spektrometerbetrieb stört. Ein sehr störendes Problem ist jedoch auch, daß die ferromagnetischen Probenhalter durch die Permanentmagnete remanent aufmagnetisiert werden, was dazu führen kann, daß sie aneinander oder an weiteren ferromagnetischen Komponenten haften blei-

ben. Zudem können beim Betrieb eines Röntgenspektrometers die magnetischen Streufelder der teilweise aufmagnetisierten Probenhalter die empfindliche Röntgenröhre stören. Zeitweise ist man daher dazu übergegangen, die Probenhalter in besonderen Einrichtungen regelmäßig zu entmagnetisieren.

Es besteht daher der Bedarf nach einem Probenwechsler der eingangs genannten Art mit einem Probenaufnehmer, der für unterschiedliche Probenhaltertypen geeignet ist, im Ruhezustand keine Magnetfelder erzeugt und der die ferromagnetischen Probenhalter nicht bleibend aufmagnetisiert.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die magnetfelderzeugende Einrichtung einen Elektromagneten mit einer von einem Rechner gesteuerten Stromquelle umfaßt und der Probenhalter zum Wechseln unterschiedlicher Probenhaltertypen eingerichtet ist und der Rechner derart programmiert ist, daß in Abhängigkeit vom jeweiligen Probenhaltertyp individuell optimierte Werte für Spannungen, Ströme und Zeitintervalle für den Strom durch den Elektromagneten gespeichert sind, welche beim Wechsel des Probenhaltertyps eingestellt werden, so daß in der Greif und Haltephase ein Strom durch die Wicklung des Elektromagneten fließt, der jeweils so groß ist, daß die vom Elektromagneten erzeugte magnetische Flußdichte sicher ausreicht, den ferromagnetischen Probenhalter an den Probenaufnehmer anzupressen und zu halten und daß in der Ablegephase ein abklingender Wechselstrom durch die Wicklung des Elektromagneten fließt, wodurch der ferromagnetische Probenhalter entmagnetisiert wird.

Die Probenhalter und auch die ferromagnetischen Teile des Elektromagneten werden individuell optimiert magnetisiert und dann durch denselben Elektromagneten entmagnetisiert, mit dem die Probenhalter aufgenommen werden.

Sie werden nach jedem Transportvorgang gezielt entmagnetisiert und können damit keine störenden Streufelder entwickeln. Die optimalen Spannungen, Ströme und Zeitintervalle für den Strom durch den Elektromagneten werden in Abhängigkeit vom jeweiligen Probenhaltertyp optimiert und im Rechner eingespeichert. Bei Wechsel des Probenhaltertyps können die neuen Parameter entweder manuell aufgerufen oder, z. B. über Bar Codes, nach automatischer Zuordnung des Probenhalters automatisch eingestellt werden. Damit kann in weiten Grenzen der Wechselvorgang an unterschiedliche Probenhalter rein elektrisch und rechnergesteuert angepaßt werden. Dies betrifft insbesondere ringförmige Probenhalter mit etwa gleichem Ringdurchmesser aber unterschiedlicher Masse.

Vorzugsweise ist in einer Ruhephase der Strom durch die Wicklung zumindest näherungsweise Null.

Dadurch erzeugt auch der Greif- und Haltemagnet im Ruhezustand keine störenden Streufelder.

Der Elektromagnet ist vorzugsweise ein Topfmagnet. Diese Form ist besonders an die im allgemeinen ringförmigen ferromagnetischen Probenhalter angepaßt.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform mit einem Gleichstrom-Haftmagneten, die in guter Qualität kommerziell erhältlich sind, wodurch sie preiswert an die jeweiligen Erfordernisse angepaßt werden können. Solche Haftmagnete werden z. B. von der Firma Thoma Magnettechnik, Donaueschingen, vertrieben und sind in deren entsprechendem Prospekt (Edition 97) dargestellt und beschrieben. Grundsätzlich können die Elektromagnete aber auch in der Greif- und Haltephase mit Wechselstrom betrieben werden, falls entsprechende Stromquellen eher zur Verfügung stehen. Bei den Analysegeräten der Anmelderin ist die Verwendung von Gleichstrom technisch einfacher umzusetzen und wird daher bevorzugt.

Vorzugsweise wird die Stromstärke durch den Elektroma-

gneten über Pulsdauermodulation, i. a. mit Frequenzen zwischen 20 kHz und 150 kHz, eingestellt. Dies ist eine gängige Variante der Stromregelung. Die verhältnismäßig hohe Induktivität der Elektromagneten führt bei diesen Frequenzen dazu, daß der Strom durch die Wicklung stark geglättet wird, so daß man von einem geregelten Gleichstrom ausgehen kann.

Die Ablegephase, während der ein Wechselstrom durch die Wicklung abklingt, dauert vorzugsweise zwischen 0,1 s und 2 s. Dies entspricht einerseits in etwa der mechanischen Ablage, andererseits reicht diese Zeit aus, über hinreichend viele Perioden des Wechselstroms den Probenhalter zu entmagnetisieren, insbesondere, wenn die Wechselstromfrequenzen zwischen 20 Hz und 100 Hz, vorzugsweise um 50 Hz liegen. Bei diesen Frequenzen läßt sich das ferromagnetische Material üblicher Probenhalter noch gut ummagnetisieren und zudem ist die Frequenz noch nicht so hoch, daß die Induktivität des Elektromagneten den Wechselstrom durch die Wicklung in Verbindung mit Spannungsquellen, die um 40 V liegen, zu sehr begrenzen würde. Die Wechselspannungsamplitude kann ebenfalls über die o. g. Pulsbreitenmodulation (die eine viel höhere Taktfrequenz hat) erzeugt werden. Bei den Spektrometern der Anmelderin wird eine (netzunabhängige) 50 Hz-Frequenz ohnehin zum Ansteuern von 50 Hz-Synchronmotoren erzeugt, die hier mitverwendet werden kann.

Der Abfall der Wechselspannungsamplitude erfolgt vorzugsweise etwa linear mit der Zeit. Dies ist ein besonders einfach zu erzeugender und zu variierender Zusammenhang.

Als bisher günstigste Variante haben sich die Gleichstrom-Haftmagnete herausgestellt. Es ist daher bevorzugt, während der Greif- und Haltephase den Magnetstrom nicht umzupolen. Er kann während dieser Phase konstant gehalten werden. Es kann aber auch in der Greifphase ein etwas höherer Strom verwendet werden, der nach dem sicheren Haften des Probenhalters in der reinen Haltephase wieder etwas abgesenkt wird.

Vorzugsweise umfaßt der Elektromagnet ein ferromagnetisches Joch mit einem ringförmigen Luftspalt (der natürlich auch ein diamagnetisches Material enthalten kann). Dieser Luftspalt wird dann durch den ebenfalls ringförmigen, ferromagnetischen Probenhalter überbrückt und der magnetische Kreis geschlossen. Die Durchmesser des Luftspalts und des Probenhalterings sind aneinander angepaßt. Falls ein Probenhalter mit anderem Ringdurchmesser verwendet werden soll, kann der Elektromagnet durch aufgesetzte, ferromagnetische, ringförmige Paßstücke daran angepaßt werden, ohne daß es notwendig ist, den gesamten Magneten auszuwechseln. Auch an den Probenhaltern können Paßringe angebracht werden, so daß am Probenaufnehmer nichts verändert werden muß, nur die Betriebsparameter sollten neu optimiert werden.

In einer bevorzugten Variante hat der Elektromagnet eine, vorzugsweise zentrale, Bohrung, die entweder in einer flexiblen Dichtung endet oder an die eine entsprechende flexible Dichtung eines Probenhalters angepreßt werden kann. Dadurch kann ein ferromagnetisches Werkzeug, das auch als "Probenhalter" aufgefaßt und im folgenden auch so bezeichnet werden soll, das an seinem anderen Ende eine Saugeinrichtung zum Ansaugen von Probentabletten umfaßt, magnetisch über die Dichtung angepreßt, gehalten und abgedichtet werden. Über die zentrale Bohrung kann dann in der Saugvorrichtung ein Unterdruck erzeugt werden, was die Probentablette hält. Auf diesem Umweg können auch Proben transportiert werden, die nicht direkt in einem ferromagnetischen Probenhalter gehalten sind. Die an sich magnetisch arbeitende Probenwechseleinrichtung kann also durch ein einfaches Zwischenstück zu einer umgerüstet werden,

die Proben ansaugt. Dies erhöht die Flexibilität der Anlage weiter.

Der Probenwechsler findet Anwendung in der Röntgenanalytik, d. h. als Zusatz zu einem Röntgenspektrometer oder -diffraktometer.

Der Probenwechsler wird anhand von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematischer Aufbau eines Probenhalters mit Elektromagnet und Rechnersteuerung;

Fig. 2 Schnitt durch den Elektromagneten und einen Probenhalter in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 3 Schnitt durch den Elektromagneten und einen Probenhalter in einer weiteren Ausführungsform mit einer zusätzlichen Ansaugvorrichtung für Proben;

Fig. 4 Zeitabhängigkeit des Stroms durch die Wicklung des Elektromagneten.

Im einzelnen zeigt Fig. 1 schematisch die Komponenten des rechnergesteuerten Probenhalters 1. In einem Rechner 2, i. a. einem PC, ist ein Probenwechselprogramm gespeichert, das über einen ISA-Bus u. a. eine aus einer Gleichspannungsquelle 3 von 42 Volt versorgte ansteuerbare Stromquelle 4 steuert. Die Einstellung einer gewünschten Stromstärke am Ausgang 4a erfolgt in der Stromquelle 4 durch rechnergesteuerte Pulsbreitenmodulation mit einer Taktfrequenz von 100 kHz. Am Ausgang 4a kann dadurch ein langsam (gegen die 100 kHz) variierender Gleichstrom oder ein Wechselstrom erzeugt werden, dessen Frequenz sehr klein ist gegen die Taktfrequenz von 100 kHz. Im vorliegenden Fall sind dies 50 Hz. Der Ausgangsstrom (Gleich- oder Wechselstrom) der Stromquelle 4 wird über Leitungen 5 dem Elektromagneten 6 des Probenhalters zugeführt. In einer Ruhephase ist dieser Strom Null, d. h. der Elektromagnet 6 erzeugt kein Magnetfeld. In einer Greif- und Haltephase fließt ein Gleichstrom einer Stärke, die ausreicht, daß die nun vom Magneten 6 erzeugte magnetische Induktion ausreicht, einen ferromagnetischen Probenhalter aufzunehmen und zu halten. In einer Ablegephase fließt über Leitungen 5 ein mit der Zeit abklingender Wechselstrom, der geeignet ist, einen ferromagnetischen Probenhalter während oder nach dem Ablegen zu entmagnetisieren. Die exakten Verläufe der Stromstärken während der Greif- und Haltephase und während der Ablegephase sowie die Dauer dieser Phasen ist für jeden Probenhalterttyp jeweils optimiert, so daß der Vorgang möglichst schnell ablaufen kann, sicher ge-
griffen und gehalten wird und die Entmagnetisierung ausreicht.

Fig. 2 zeigt im Schnitt ein Ausführungsbeispiel eines Elektromagneten 106 eines Probenhalters mit einem ringförmigen, ferromagnetischen Probenhalter 107. Die ganze Anordnung ist weitgehend rotationssymmetrisch. Der Elektromagnet 106 umfaßt eine Magnetwicklung 108, die von einem ferromagnetischen Topf 109 mit einem zentralen Pol 109b umgeben ist. Am Außenmantel 109a des Topfes 109 bzw. an der Stirnseite des zentralen Pols 109b sind im wesentlichen ringförmige, ferromagnetische Paßstücke 110a, 110b angebracht, die einen ringförmigen Luftspalt 111 definieren, der den magnetischen Fluß zwischen Außenmantel 109a und zentralem Pol 109b des Topfmagneten unterbricht. Der Luftspalt 111 wird durch den ringförmigen, ferromagnetischen Rand 112 eines Probenhalters 107 überbrückt, wodurch der magnetische Kreis über das ferromagnetische Material des Probenhalters 107 geschlossen wird. Durch die in der Umgebung des Luftspalts wirkenden magnetischen Kräfte wird der ferromagnetische Probenhalter 107 vom Elektromagneten 106 bei ausreichendem Stromfluß durch die Wicklung 108 gehalten und an die Paßstücke 110a, 110b angepreßt. Im Ausführungsbeispiel ist der Probenhalter 107 relativ groß mit einem großen Durchmesser

des ferromagnetischen Rands 112. Dies ist durch die Formgebung der Paßstücke 110a, 110b berücksichtigt. Die verhältnismäßig große Masse des Probenhalters geht in die Optimierung des zeitlichen Verlaufs des Stromes durch die Wicklung 108 ein. Der Probenhalter 107 ist zur Aufnahme einer relativ großen i. a. als Pulvertablette gepreßten Probe eingerichtet, die dann im unteren Bereich auf dem Rahmen eines Fensters 107a zu liegen kommt. In diesem Fall könnte die "Probe" sogar wieder aus einem kompletten kleineren Probenhalter bestehen, der in den größeren 107 eingelegt wird. Es versteht sich, daß auch flachere Probenhalter 107 mit gleichem Durchmesser verwendet werden können oder solche mit kleinerem Durchmesser des ferromagnetischen Rands 112. Im letzteren Fall wären dann die Paßstücke 110a, 110b anzupassen wie auch der Stromverlauf durch die Wicklung 108.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Elektromagneten 206 mit einem Probenhalter (ferromagnetisches Werkstück mit zentraler Bohrung) 207, der nun eine Ansaugvorrichtung 213 für eine Probenplatte aufweist. Entsprechende Bezugswerte sind Fig. 2 gegenüber um 100 erhöht. Der zentrale Pol 209b des Topfes 209 weist nun eine durchgehende zentrale Bohrung 214 auf, an die eine flexible, scheibenförmige Dichtung 215 mit entsprechender zentraler Öffnung 215a des Probenhalters 207 magnetisch angepreßt wird. Dadurch ist die Ansaugvorrichtung 213 des Probenhalters 207 dicht mit der zentralen Bohrung 214 verbunden, wodurch eine Probe an die Ansaugöffnung 213a der Ansaugvorrichtung 213 gesaugt werden kann, wenn über die zentrale Bohrung 214 ein Unterdruck erzeugt wird, was mit dem vertikalen Pfeil angedeutet ist, der den Anschluß einer entsprechenden Pumpe an die zentrale Bohrung 214 symbolisieren soll. Ein Probenaufnahme mit dem Elektromagneten 206 der Fig. 3 ist demnach in der Lage alle Funktionen desjenigen der Fig. 2 zu übernehmen und zusätzlich noch durch magnetisches Halten eines Probenhalters 207 mit Ansaugvorrichtung 213 die Funktion eines "saugenden" Probenhalters.

Schließlich zeigt Fig. 4 den zeitlichen Verlauf des Stroms durch die Wicklungen 108, 208 der Elektromagneten 106, 206.

Während einer Ruhephase T0 wird der Probenaufnahme mit dem noch stromlosen Elektromagneten 106, 206 auf einen Probenhalter 107, 207 aufgesetzt, so daß der Luftspalt 111, 211 sich unmittelbar über dem Rand 112, 212 des Probenhalters 107, 207 befindet. In einer darauffolgenden Greif- und Haltephase T1 wird der Strom als Gleichstrom auf einen im wesentlichen konstanten Wert eingeschaltet, wodurch der Probenhalter 107, 207 an den Elektromagneten 106, 206 fest angepreßt und von diesem gehalten wird. In dieser Phase, die üblicherweise einige Sekunden dauert, wird der Probenaufnahme mit dem Probenhalter 107, 207 zusammen abgehoben und in eine neue Position verfahren. Dort fließt dann in einer Ablegephase T2, T3 anstelle des Gleichstroms ein Wechselstrom mit zunächst konstanter (Phase T2) und dann i. a. linear abklingender Amplitude (Phase T3), i. a. mit einer Frequenz von 50 Hz. Dadurch werden die ferromagnetischen Paßstücke 110a, 110b, 210a, 210b und vor allem der Probenhalter 107, 207 entmagnetisiert. Gleichzeitig verschwinden die magnetischen Kräfte zwischen Elektromagnet 106, 206 und Probenhalter 107, 207, d. h. dieser wird in der neuen Position freigegeben. Die Ablegephase mit den Unterphasen T2, T3 dauert in der Regel einige Zehntel Sekunden, was für die Entmagnetisierung ausreicht. Es schließt sich wieder eine beliebig lange Ruhephase T0 an, während der der leere Probenaufnahme beispielsweise zur Position eines weiteren Probenhalters des Probenwechslers fahren kann.

Die Amplituden des Gleichstroms in Phase T1 und des Wechselstroms in Phase T2 liegen in der Regel bei einigen Hundert Milliampere, wobei die Wechselstromamplitude meist etwas größer (etwa den Faktor Zwei) ist. Dies führt mit gängigen Haltern Magneten dazu, daß eine übliche 42 V-Spannungsversorgung für die gesteuerte Stromquelle ausreicht. Anstelle der Unterteilung der Ablegephase in die gezeigten zwei Unterphasen T2 und T3 kann auch ein über die gesamte Phase abklingender Wechselstrom geschaltet werden. Grundsätzlich kann in der Phase T2 die Wechselstromamplitude nahezu beliebig variieren, wenn sie nur in Phase T3 von einem hinreichend großen Anfangswert aus hinreichend langsam (Zehntelsekundenbereich) gegen Null abfällt. Der Abfall muß nicht zwingend linear sein.

Für jeden Elektromagneten 106, 206 und jeden Probenhalter 107, 207, ggf. in Verbindung mit entsprechenden Paßstücken 110a, 110b, 210a, 210b kann ein optimaler Verlauf der in Fig. 4 gezeigten Stromkurve gefunden werden, der große Zuverlässigkeit beim Greifen und Halten sowie nahezu vollständige Entmagnetisierung in möglichst kurzer Zeit und mit geringem apparativem Aufwand gewährleistet. Diese Verläufe sind im Rechner 2 abgespeichert und werden entsprechend abgerufen.

Patentansprüche

1. Probenwechsler (1) zum rechnergesteuerten Wechseln von ferromagnetischen Probenhaltern (107; 207) eines Röntgenanalysegeräts mittels eines beweglichen Probenhalters, der eine magnetfelderzeugende Einrichtung enthält, wobei die Probenhalter (107; 207) durch den Probenaufnahme in einer Greif- und Haltephase (T1) in einer ersten Position magnetisch gegriffen und gehalten und in einer Ablegephase (T2, T3) in einer zweiten Position abgesetzt werden können, **dadurch gekennzeichnet**, daß die magnetfelderzeugende Einrichtung einen Elektromagneten (6; 106; 206) mit einer von einem Rechner (2) gesteuerten Stromquelle (4) umfaßt, wobei der Probenhalter (107; 207) zum Wechseln unterschiedlicher Probenhaltertypen eingerichtet ist und der Rechner (2) derart programmiert ist, daß in Abhängigkeit vom jeweiligen Probenhaltertyp individuell optimierte Werte für Spannungen, Ströme und Zeitintervalle für den Strom durch den Elektromagneten (6; 106; 206) gespeichert sind, welche beim Wechsel des Probenhaltertyps eingestellt werden, so daß in der Greif und Haltephase (T1) ein Strom durch die Wicklung (108; 208) des Elektromagneten fließt, der jeweils so groß ist, daß die vom Elektromagneten (6; 106; 206) erzeugte magnetische Flußdichte sicher ausreicht, den ferromagnetischen Probenhalter (107; 207) an den Probenaufnahme anzupressen und zu halten und daß in der Ablegephase (T2, T3) ein abklingender Wechselstrom durch die Wicklung des Elektromagneten (6; 106; 206) fließt, wodurch der ferromagnetische Probenhalter (107; 207) entmagnetisiert wird.
2. Probenwechsler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einer Ruhephase (T0) der Strom durch die Wicklung (108; 208) zumindest näherungsweise null ist.
3. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Elektromagnet (6; 106; 206) ein Topfmagnet ist.
4. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Elektromagnet (6; 106; 206) ein Gleichstrom-Haftmagnet ist.
5. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die Stromstärke durch den Elektromagneten (6; 106; 206) über Pulsdauermodulation eingestellt wird.

6. Probenwechsler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktfrequenz der Pulsdauermodulation zwischen 20 kHz und 150 kHz liegt. 5

7. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablegephase (T2, T3) zwischen 0,1 sec und 2 sec dauert.

8. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 10 dadurch gekennzeichnet, daß die Ablegephase (T2, T3) in zwei Unterphasen aufgeteilt ist, wobei in der ersten (T2) die Amplitude des Wechselstroms näherungsweise konstant bleibt und sie der zweiten (T3) gegen Null abfällt. 15

9. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Amplitude des Wechselstroms in der Ablegephase (T2, T3) größer ist als die maximale Amplitude des Stroms in der Greif- und Haltephase (T1), vorzugsweise um einen 20 Faktor 2 bis 3.

10. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Amplitude des Wechselstroms in der Ablegephase (T2, T3) zwischen 0,1 A und 2 A liegt. 25

11. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Wechselstrom während der Ablegephase (T2, T3) eine Frequenz zwischen 20 Hz und 100 Hz, vorzugsweise 50 Hz, hat.

12. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude des Wechselstroms während der Ablegephase (T2, T3) näherungsweise linear mit der Zeit gegen Null abfällt. 30

13. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in der Greif und Haltephase (T1) der Strom durch die Wicklung (108; 208) nur eine Polarität hat. 35

14. Probenwechsler nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom während der Greif- und Haltephase (T1) näherungsweise konstant ist. 40

15. Probenwechsler nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom während der Greif- und Haltephase (T1) von einem größeren Wert auf einen näherungsweise konstanten abgesenkt wird.

16. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromagnet (6; 106; 206) ein ferromagnetisches Joch (109; 209) mit ringförmigem Luftspalt (111; 211) umfaßt. 45

17. Probenwechsler nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß am Elektromagneten (6; 106; 206) 50 ringförmige, ferromagnetische Paßstücke (110a, 110b; 210a, 210b) vorgesehen sind, durch die der Durchmesser des ringförmigen Luftspalts (111; 211) an unterschiedliche ringförmige, ferromagnetische Probenhalter (107; 207) angepaßt werden kann oder umgekehrt. 55

18. Probenwechsler nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromagnet (206) eine durchgehende Bohrung (214) aufweist, derart, daß ein mit einer Saugeinrichtung (213) zum pneumatischen Ansaugen von Proben ausgestatteter ferromagnetischer Probenhalter (207) über eine Dichtung (215) magnetisch daran angepreßt und an eine Saugpumpe angeschlossen werden kann. 60

- Leerseite -

Fig. 1

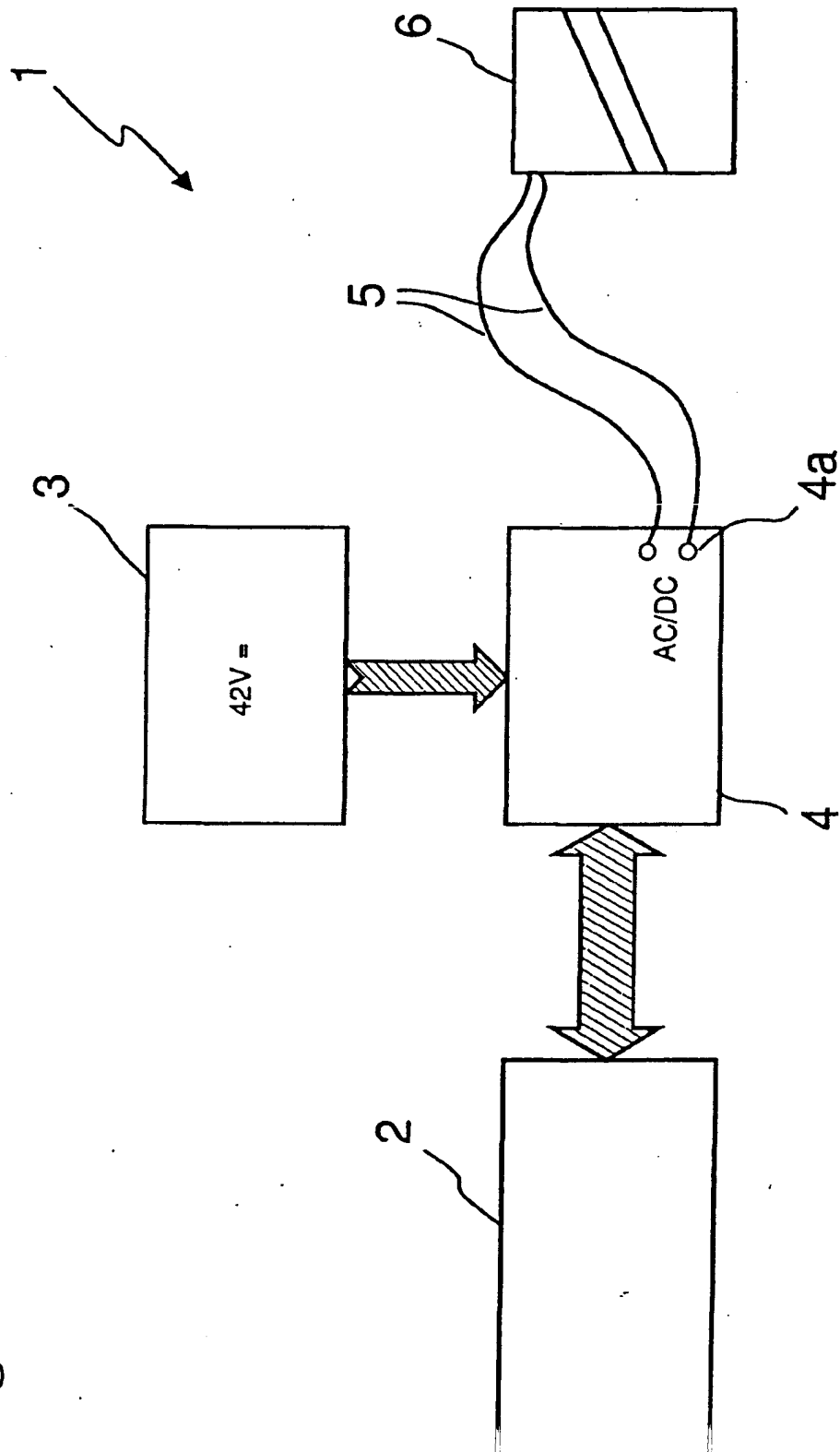


Fig. 2

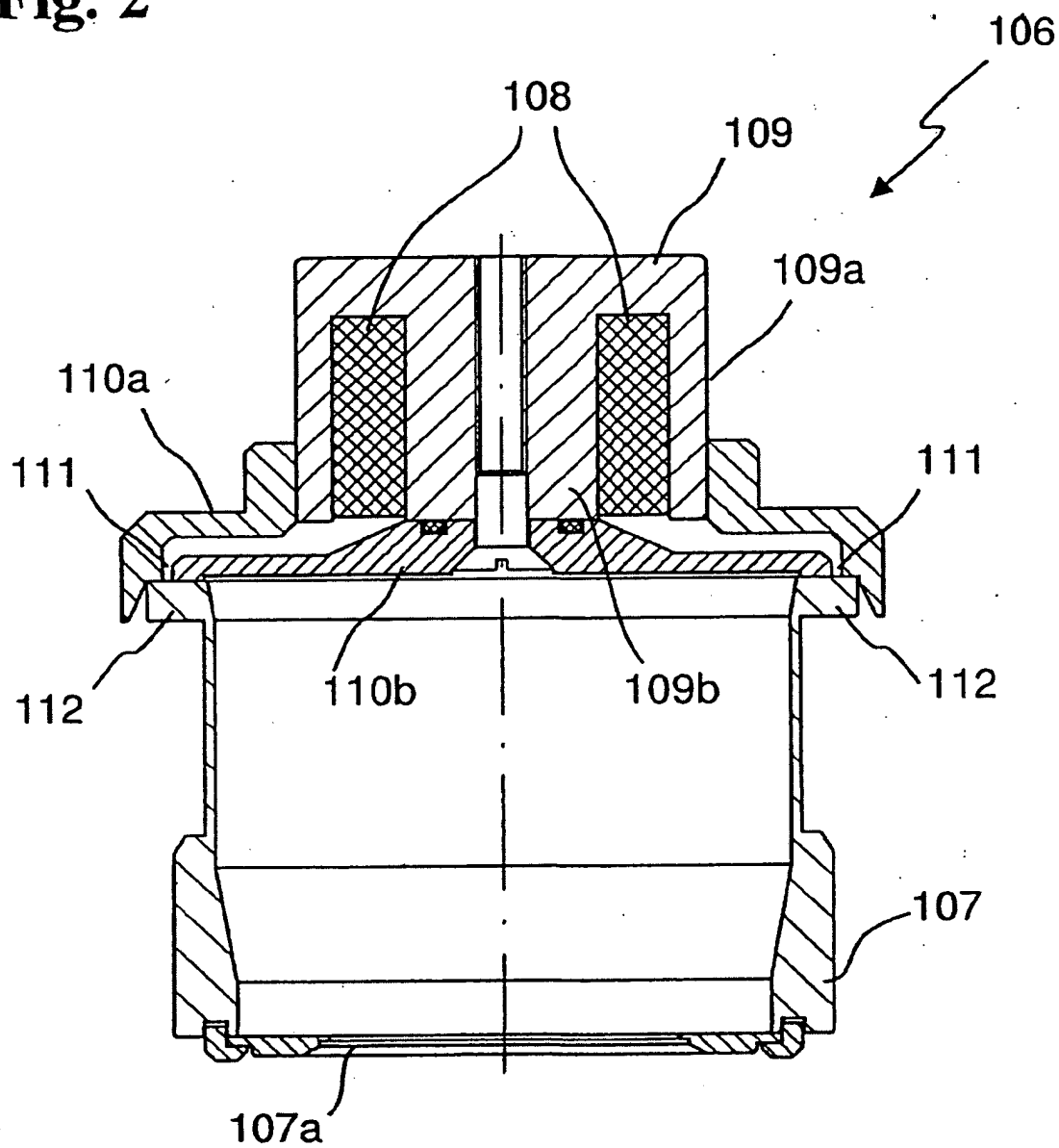


Fig. 3

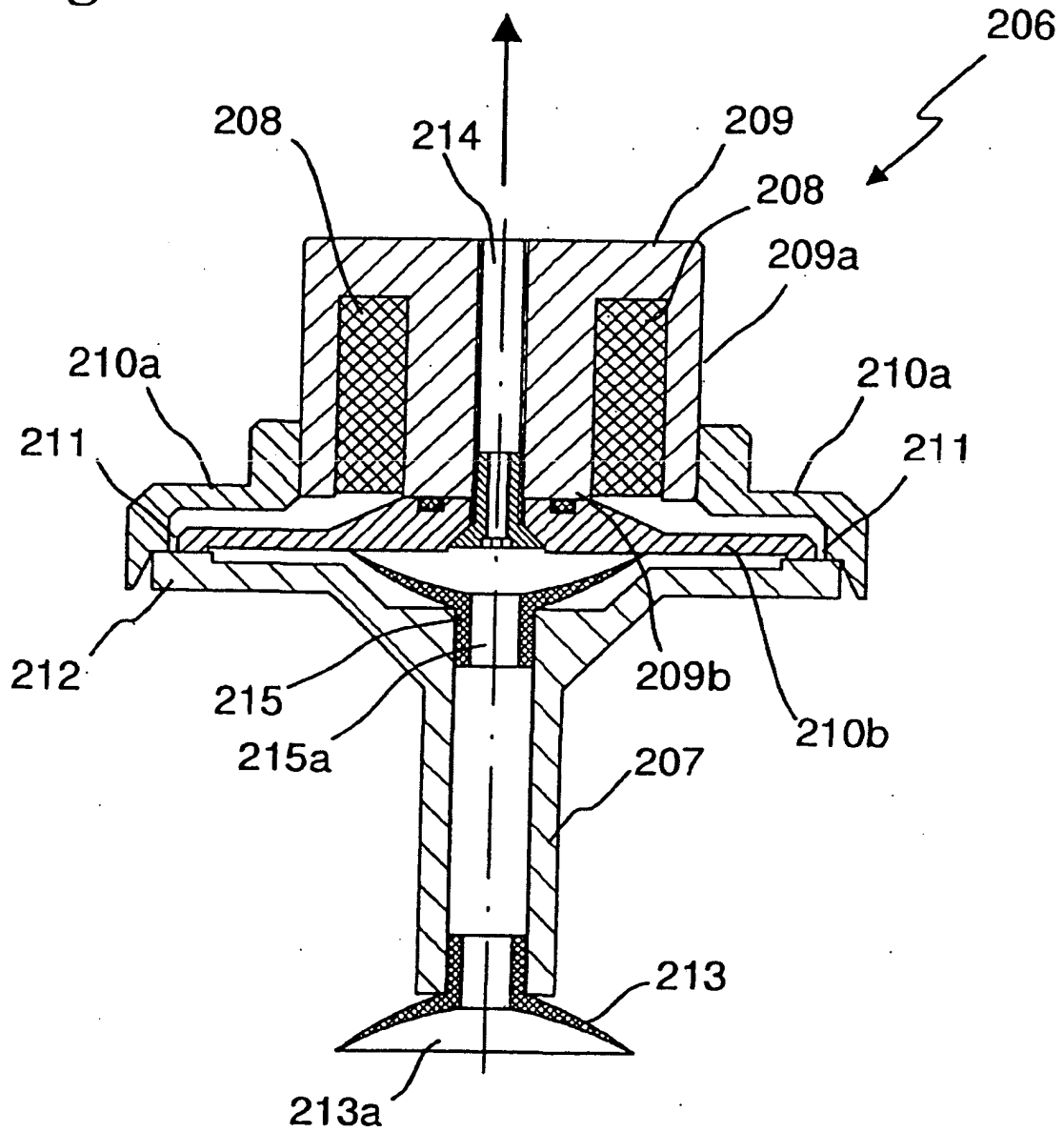


Fig. 4

